HARD DISKS

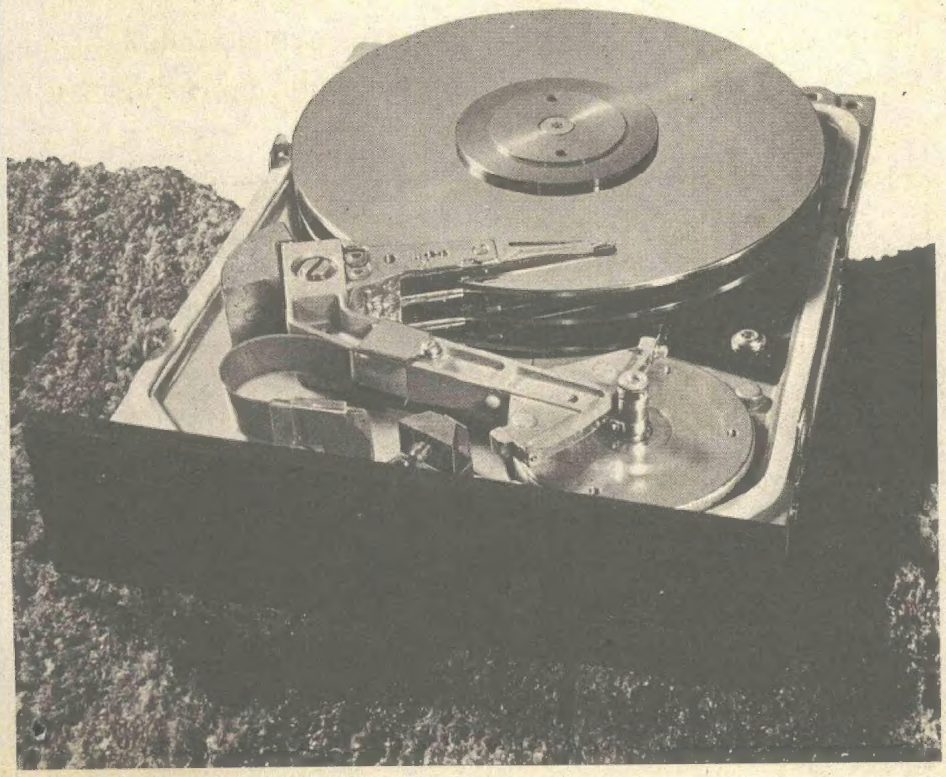
ยืน ภู่วรวรรณ

ฮาร์ดดิสค์
พัฒนาการตัวกลางเก็บข้อมูลความจุสูง

มาตรฐานและความเป็นมาของพัฒนาการฮาร์ดดิสค์จากอดีตถึงปัจจุบัน

เมื่อพัฒนาการทางด้านไมโครคอมพิวเตอร์ก้าวหน้าขึ้นเป็นลำดับอย่างรวดเร็ว การใช้งานไมโครคอมพิวเตอร์ได้แพร่ขยายออกไปอย่างกว้างขวาง มีการใช้คอมพิวเตอร์กันเกือบทุกวงการ ขีดความสามารถของคอมพิวเตอร์ทำให้ราคาต่อความสามารถดีขึ้นเรื่อย ๆ ส่วนที่เป็นผลทำให้คอมพิวเตอร์ก้าวหน้านี้เป็นไปในทุกด้าน ทั้งทางด้านซีพียู หน่วยความจำหลัก ระบบการแสดงผล อุปกรณ์อินพุตเอาต์พุต ตลอดจนถึงระบบการเก็บข้อมูลจำนวนมาก นอกจากนี้ยังรวมถึงซอฟต์แวร์ด้วย

ในบรรดาหน่วยเก็บข้อมูลสำรองที่มีหลายชนิดตั้งแต่ ฟลอปปี้ดิสค์ ฮาร์ดดิสค์ เทป และออปติคัลดิสค์ พบว่าฮาร์ดดิสค์ให้คุณสมบัติเด่นในเรื่องการเข้าถึงข้อมูลที่ทำได้เร็วมีความจุสูง ราคาต่อความจุต่ำ ฮาร์ดดิสค์จึงเป็นอุปกรณ์พื้นฐานที่ถือว่ามีความจำเป็นต่อการใช้งาน ไมโครคอมพิวเตอร์ในยุคปัจจุบันจึงต้องมีฮาร์ดดิสค์ประกอบอยู่ด้วยเสมอ



ความจำเป็นของการจัดเก็บข้อมูล

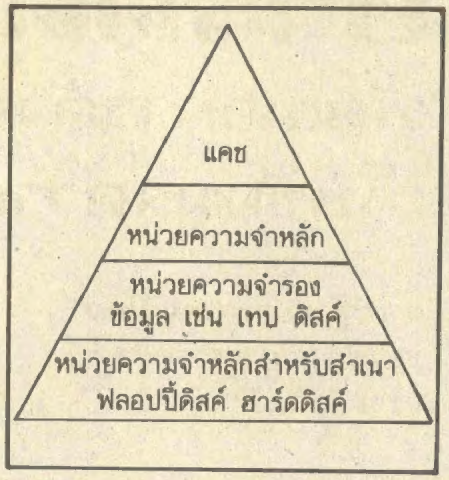
บรรดาอุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดเก็บข้อมูลในระบบคอมพิวเตอร์แบ่งตามระดับชั้นที่ขึ้นกับเวลาของการเข้าถึงข้อมูล (access time) การแบ่งหน่วยความจำนี้จึงเกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีและราคาอยู่ด้วย รูปที่ 1 เป็นโครงสร้างการ

จัดแบ่งโดยให้หน่วยความจำแคช มีเวลาเข้าถึงเร็วที่สุด มีราคาแพงสุด จากนั้นลดหลั่นลงมาเป็นหน่วยความจำหลัก หน่วยความจำรองจำพวกฟลอปปี้ดิสค์ ฮาร์ดดิสค์ และสุดท้ายที่เป็นฐานคืออุปกรณ์ที่ใช้สำเนาข้อมูลจำนวนมาก จำพวกเทป หรือดิสค์ความจุสูง

วินเชสเตอร์ดิสค์ จุดเริ่มต้นของการใช้หน่วยความจำสำรองในไมโครฯ

หลังจากปี ค.ศ. 1980 ซึ่งเป็นยุคของไมโครคอมพิวเตอร์อย่างแท้จริง การใช้วินเชสเตอร์ดิสค์ขนาด 5.25 นิ้ว ได้เริ่มต้นขึ้นมา และต่อมาก็เรียกกันติดปากว่า ฮาร์ดดิสค์ ความก้าวหน้าของการใช้ฮาร์ดดิสค์มีพัฒนาการดีขึ้นและแพร่หลาย การใช้ชิพแบบชิพเดี่ยวเพื่อควบคุมฮาร์ดดิสค์ ทำให้ลดความยุ่งยากของฮาร์ดแวร์เชื่อมต่อลงไปได้มาก และต่อมาแนวทางของการพัฒนาก็เข้าสู่มาตรฐานทางอุตสาหกรรมซึ่งทำให้ฮาร์ดดิสค์ มีราคาถูกลงยิ่งขึ้น

แนวโน้มสองประการสำคัญที่ตามมาคือ การออกแบบระบบควบคุมฮาร์ดดิสค์ ใช้ระบบที่เป็นบอร์ดเดี่ยวที่ใช้ร่วมกันกับฟลอปปี้ดิสค์และเทปได้ ทำให้ความก้าวหน้าในเรื่องฮาร์ดแวร์ระบบควบคุมมีราคาถูกลงและประหยัดพื้นที่ แนวโน้มประการที่สองคือ ความจุของฮาร์ดดิสค์เพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าทุก ๆ สองถึงสามปี ขนาดของฮาร์ดดิสค์เล็กลง ความจุเพิ่มขึ้นจากเดิมมีขนาด 5.25 นิ้ว ก็ลดลงมาเป็นแบบฮาล์ฟไซด์ (Half-Side) ลดลงมาเป็น 3.5 นิ้ว, 2.5 นิ้ว และ 1.8 นิ้ว ในขณะนี้ได้



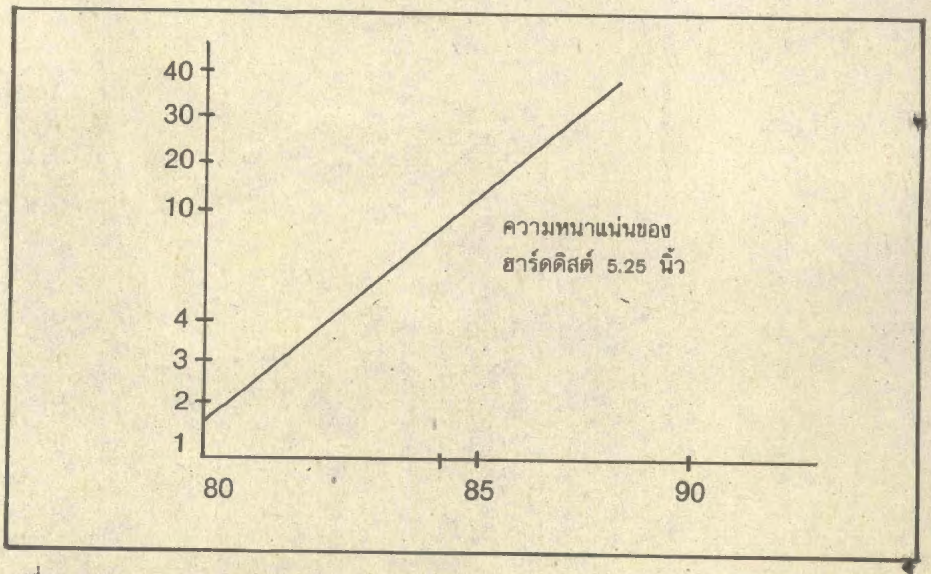
รูปที่ 1 การแบ่งระดับของเทคโนโลยีการเก็บข้อมูล

การเพิ่มขึ้นของความหนาแน่นแทร็ค

เทคโนโลยีที่ใช้ในการเขียนอ่านด้วยหัวดิสค์ก็ปรับปรุงขึ้นเป็นลำดับ แต่เดิมฮาร์ดดิสค์มีขนาดความจุได้ 400 แทร็คต่อนิ้ว หรือประมาณ 160 แทร็คต่อเซนติเมตร ความหนาแน่นขนาดนี้ใช้การควบคุมหัวดิสค์ด้วยสเต็ปปิงมอเตอร์ที่มีการควบคุมแบบโอเพนลูป ได้ แต่เมื่อให้ความหนาแน่นของแทร็คสูงขึ้น การใช้สเต็ปปิงมอเตอร์ก็มีปัญหา เทคนิควิธีการในการใช้เพื่อแก้ปัญหานี้คือ การใช้ระบบเซอร์โวหรือโคลสลูป และใช้หลักการของวอยส์คอยส์ (Voice coil) การควบคุมการอ่านเขียนทำได้ละเอียดขึ้น จนมีความละเอียดได้ถึง 1,000 แทร็คต่อนิ้ว หรือประมาณ 400 แทร็คต่อเซนติเมตร การใช้ระบบนี้ทำให้ความจุของฮาร์ดดิสค์สูงขึ้น เช่น ฮาร์ดดิสค์ที่มีหัวอ่าน 8 หัว หรือผิวหน้าเก็บข้อมูล 8 ผิว ขนาด 960 แทร็คต่อนิ้ว และฮาร์ดดิสค์ขนาด 5.25 นิ้ว จะมีความจุได้ถึง 380 เมกะไบต์ พัฒนาการนี้ทำมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1983 แล้ว และยังปรับปรุงให้มีความจุเพิ่มขึ้นได้อีก

การเพิ่มความจุของฮาร์ดดิสค์ยังใช้หลักการให้ความหนาแน่นของข้อมูลในลักษณะความหนาแน่นของบิตต่อพื้นที่บนฮาร์ดดิสค์ หรือในแต่ละแทร็คจะต้องให้ความจุของข้อมูลเพิ่มขึ้น

กราฟรูปที่ 2 เป็นกราฟแสดงการเพิ่มความจุของข้อมูลต่อพื้นที่ การเพิ่มความจุนี้ขึ้นกับวัสดุที่ใช้ ซึ่งเป็นสารใน



รูปที่ 2 กราฟแสดงความหนาแน่นกับเวลา

กลุ่มเฟอริกออกไซด์ มีการใช้เทคนิคในการสร้างฟิล์มบาง ๆ ของเฟอริกออกไซด์บนแผ่นผิวเพื่อการบันทึกด้วยวิธีการสบัตเตอริง (sputtering) วิธีการนี้ทำให้ความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กที่จะบันทึกหรืออ่านกลับได้มาก การพัฒนาการทางวัสดุศาสตร์จึงเป็นเรื่องที่สำคัญมาก

ในปี ค.ศ. 1983 เทคนิคเหล่านี้ทำให้ปรับปรุงความหนาแน่นของข้อมูลเพิ่มขึ้นจากเดิม 12,000 บิตต่อนิ้ว (5,000 บิตต่อเซนติเมตร) มาเป็น 60,000 บิตต่อนิ้ว หรือ 25,000 บิตต่อนิ้ว

อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันการใช้เทคนิคที่จะบันทึกข้อมูลให้เส้นแรงแม่เหล็กลงในแนวทางดิ่ง ซึ่งทำให้ความหนาแน่นของข้อมูลได้สูงถึง 300,000 บิตต่อนิ้ว หรือ 120,000 บิตต่อเซนติเมตร การบันทึกข้อมูลเพิ่มขึ้นจนทำให้ฮาร์ดดิสค์ขนาด 3.5 นิ้วมีความจุมากกว่า 300 เมกะไบต์ได้

ซีเกต : บริษัทผู้ผลิตฮาร์ดดิสค์รายใหญ่รายหนึ่งของโลก

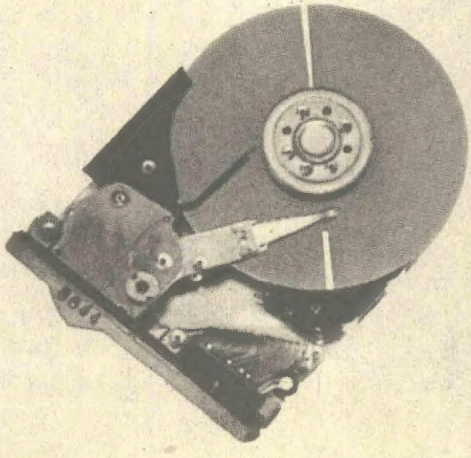
เมื่อย้อนไปในอดีต ซีเกตเป็นบริษัทที่เริ่มต้นของการพัฒนาวินเชสเตอร์ดิสค์ ซีเกตขยายกำลังการผลิตอย่างรวดเร็ว มีโรงงานการผลิตอยู่ที่ส่วนต่าง ๆ ของโลก มีฐานกำลังผลิตเพื่อป้อนการใช้งานในยุคที่ไมโครคอมพิวเตอร์ขยายตัวอย่างรวดเร็ว

หากจะย้อนไปในอดีตในปี ค.ศ. 1983 ยุคเริ่มต้นของฮาร์ดดิสค์บนไมโครคอมพิวเตอร์ ฮาร์ดดิสค์ของซีเกตที่นิยมในขณะนั้น คือ ST506 เป็นฮาร์ดดิสค์ที่มีความจุเพียง 10 เมกะไบต์ มีขนาด 5.25 นิ้ว แบบฟูลไซด์ (Full-Side) หลังจากนั้นต่อมาในปี ค.ศ. 1985 ฮาร์ดดิสค์ที่ใช้กันก็เริ่มลดขนาดลงเหลือขนาดครึ่งความสูงหรือที่เรียกว่าฮาล์ฟไฮด์ ในขณะนั้นบริษัท ไอบีเอ็ม เลือกฮาร์ดดิสค์ขนาด 10 เมกะไบต์ เป็นฮาร์ดดิสค์ประกอบเข้ากับเครื่องไอบีเอ็ม พีซี/เอกซ์ที ฮาร์ดดิสค์ 10 เมกะไบต์ ขณะนั้นมีราคาขายประมาณ 400 เหรียญสหรัฐฯ แต่ครั้นถึงปลายปี ค.ศ. 1985 ฮาร์ดดิสค์ความจุ 20 เมกะไบต์ก็แพร่หลายและมีราคาลดลงจนเหลือเพียง 200 กว่าเหรียญสหรัฐฯเท่านั้น

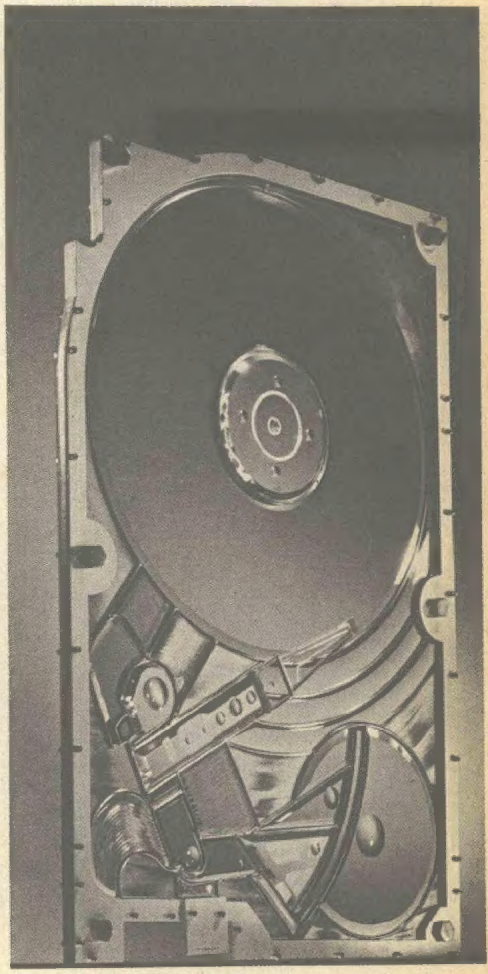
ในปี ค.ศ. 1987 พัฒนาการของฮาร์ดดิสค์ก็ขยับขึ้นไปเป็น 30 เมกะไบต์ และกลายมาเป็นขนาด 40 เมกะไบต์ และแพร่หลายจนกลายเป็นขนาดมาตรฐานที่ใช้ในพีซี ฮาร์ดดิสค์ขนาด 40 เมกะไบต์ก็ลดขนาดลงจนเหลือขนาดเพียง 3.5 นิ้ว และมีความจุเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ จนในขณะนี้ฮาร์ดดิสค์ที่ใช้ในแลปท้อปและโน้ตบุ๊คมีขนาด 2.5 นิ้ว ก็มีความจุได้เท่ากับ 40 เมกะไบต์ เช่นกัน

มาตรฐานการ์ดควบคุม

ระหว่างปี ค.ศ. 1983 มาตรฐานบางอย่างซีเกตเป็นผู้กำหนดขึ้น ฮาร์ดดิสค์ ST506 ซึ่งมีขนาดความจุ 10 เมกะไบต์ มีความจุ 8 กิโลไบต์ต่อแทร็ค และการส่งถ่ายข้อมูลระหว่างฮาร์ดดิสค์กับคอมพิวเตอร์ผ่านการ์ดควบคุมใช้อัตราการส่งผ่านข้อมูล 5 เมกะบิตต่อวินาที



ในช่วงเวลาเดียวกัน ผู้ผลิตฮาร์ดดิสค์อีกหลายบริษัทก็ได้ผลิตฮาร์ดดิสค์และการ์ดควบคุมของตนเองขึ้น โดยเน้นในเรื่องความจุให้มากกว่า 10 เมกะไบต์ และการส่งผ่านข้อมูลของการ์ดควบคุมที่เร็วกว่า ในปี ค.ศ. 1983 บริษัทแมกเตอร์ ก็เสนอมาตรฐาน ESDI-Enhanced Small Disks Interface โดยกำหนดมาตรฐานการส่งถ่ายข้อมูลด้วยอัตราความเร็ว 10 เมกะบิตต่อวินาที การส่งถ่ายข้อมูลของ ESDI นี้ยังคงความมาตรฐานของสายเคเบิล และสัญญาณของ ST506 ไว้ หลังจากนั้นอีก



ไม่นาน หลายบริษัทที่ผลิตฮาร์ดดิสค์ในอเมริกาก็ร่วมกันพยายามสร้างมาตรฐาน ANSI โดยใช้อัตราการส่งถ่ายข้อมูลขนาด 10 เมกะบิตต่อวินาที สองกลุ่มผู้ผลิต ESDI และ ANSI ก็ยังน้อยกว่าซีเกต จนในที่สุดหลายบริษัทก็ยกเลิกการผลิตตามมาตรฐาน ANSI และหันมาผลิตแบบ ESDI แทน

หลังจากนั้นซีเกตก็พัฒนาการ์ดควบคุมของตนเองโดยพยายามเพิ่มอัตราส่งถ่ายข้อมูลให้เป็น 10 เมกะบิตต่อวินาที และต่อมาก็พัฒนาเป็นโมเดล ST412 ซึ่งมีความจุ 80 เมกะไบต์

ข้อเด่นของ ESDI มีหลายประการ โดยเฉพาะการใช้กับฮาร์ดดิสค์ที่มีความจุมากขนาด 100-400 เมกะไบต์ จะให้ประสิทธิภาพโดยรวมดี ในช่วงยุคแรกของฮาร์ดดิสค์นั้น ฮาร์ดดิสค์ส่วนใหญ่มีช่วงเวลาการเข้าถึงข้อมูลหรือที่เรียกว่าช่วงเวลาแอกเซสอยู่ที่ประมาณ 83 มิลลิวินาที และหลังจากปี ค.ศ. 1983 ก็ลดลงมาเหลือประมาณ 35 มิลลิวินาที จนในที่สุดก็เป็น 28 มิลลิวินาที และน้อยกว่า

มาตรฐานของ ESDI มีการปรับปรุงและพัฒนาเพิ่มเติมขีดความสามารถขึ้นอีก

2.5 นิ้ว ฮาร์ดดิสค์เทคโนโลยีที่กำลังมาแรง

ในช่วงปี ค.ศ. 1990-1991 ความต้องการไมโครคอมพิวเตอร์แบบโน้ตบุ๊คและแลปท้อปมีมากขึ้น ผู้ผลิตฮาร์ดดิสค์ต้องลดขนาดลงให้บรรจุอยู่ในเครื่องขนาดเล็กได้ พัฒนาการจึงต้องลดขนาดจากเดิมซึ่งใช้ขนาด 3.5 นิ้ว ลงมาเหลือ 2.5 นิ้ว ฮาร์ดดิสค์ขนาดเล็กนี้มีความจุได้เท่ากับฮาร์ดดิสค์ขนาด 5.25 หรือ 3.5 นิ้วได้ ความหนาแน่นของข้อมูลที่เก็บทำได้สูงถึง 155 เมกะบิตต่อตารางเซนติเมตร การเข้าถึงข้อมูลหรือช่วงเวลาแอกเซสทำได้เร็วขึ้น โดยใช้เวลาเพียง 10.7 มิลลิวินาที ความจุสูงสุดในขณะนี้คือ 100 เมกะไบต์

บริษัทผู้ผลิตฮาร์ดดิสค์ขนาดเล็กจิ๋วนี้ยังต้องแข่งขันกันในเรื่องน้ำหนักด้วย เช่น ฮาร์ดดิสค์ของบริษัท PrairieTek บริษัท Longmont และบริษัท Colo มีน้ำหนักเพียง 250 กรัม และใช้กำลังงานเพียง 1.5 วัตต์

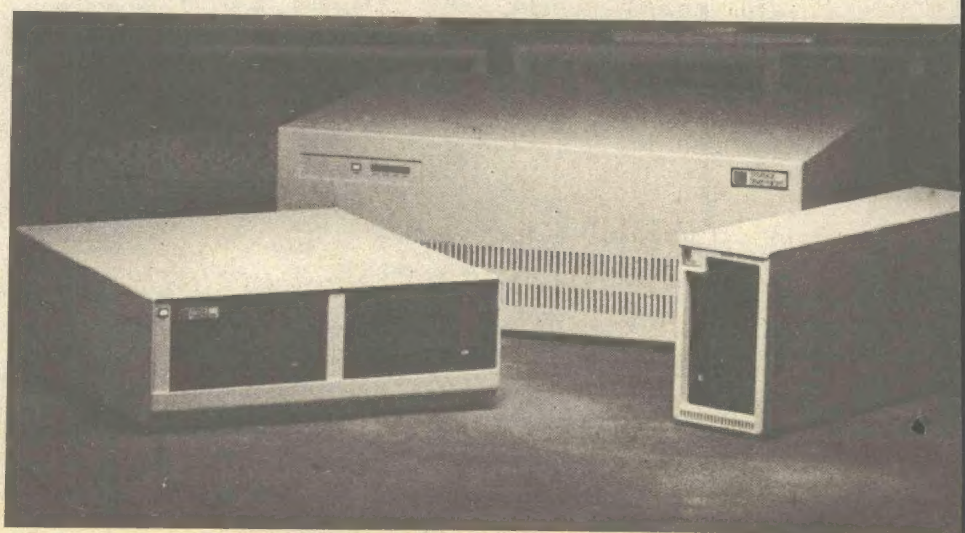
ฮาร์ดดิสค์ความจุสูง

เวอร์กสเตชันคอมพิวเตอร์ก็เป็นอีกตลาดหนึ่งที่ฮาร์ดดิสค์เข้ามามีบทบาทมากยิ่งขึ้น เวอร์กสเตชันทั่วไปใช้ฮาร์ดดิสค์ความจุจาก 300 เมกะไบต์ ถึง 1 จิกะไบต์ บริษัทผู้ผลิตฮาร์ดดิสค์ความจุสูงก็มีหลายบริษัท เช่น ไมโครโปลิส ผลิตฮาร์ดดิสค์ขนาด 5.25 นิ้ว มีความจุ 1.2 จิกะไบต์ ฮาร์ดดิสค์ความจุสูงเหล่านี้ส่วนใหญ่ใช้วิธีการส่งถ่ายข้อมูลตามมาตรฐาน SCSI-Small Computer System Interface หรือ ESDI

บริษัท ฮิวเล็ตต์ - แพคการ์ด ก็เป็นบริษัทหนึ่งที่ผลิตฮาร์ดดิสค์ด้วย ดิสค์ของฮิวเล็ตต์ - แพคการ์ด หมุนด้วยความเร็วรอบ 4,002 รอบต่อนาที มีความจุ 760 เมกะไบต์ เป็นดิสค์ขนาด 5.25 นิ้ว มีเวลาเข้าถึงข้อมูลเฉลี่ยสั้นที่สุดคือ 7.5 มิลลิวินาที นับเป็นเวลาที่สั้นที่สุดในบรรดาฮาร์ดดิสค์ของบริษัทต่าง ๆ ในขณะนี้

ออปติคัลดิสค์

หลังจากที่หลายบริษัทประสบผลสำเร็จในการผลิต CD-ROM (Compact Disk Read Only Memory) ความคิดที่จะนำเอาออปติคัลดิสค์มาเป็นหน่วยเก็บข้อมูลสำเนาของคอมพิวเตอร์ก็เกิดขึ้น แต่ติดขัดตรงที่เทคโนโลยีนี้เป็นเทคโนโลยีที่อ่านข้อมูลได้อย่างเดียว ซีดีรอมแผ่นขนาด 5 นิ้ว สามารถจุข้อมูลได้มากถึง 550 เมกะไบต์ ซีดีรอมจึงเหมาะที่เป็นสื่อสำหรับเก็บข้อมูลประเภทหนังสือ เช่น สารานุกรม พจนานุกรม หรือฐานข้อมูลทางวิชาการที่มีขนาดใหญ่ ปัจจุบันเครื่องคอมพิวเตอร์หลายยี่ห้อโดยเฉพาะระดับเวอร์กสเตชัน มีเครื่องอ่านซีดีรอมติดมาด้วย ทำให้สามารถอ่านโปรแกรมหรือเอกสารของระบบเครื่องเข้าในระบบได้ง่าย หลาย



บริษัทจึงเก็บซอฟต์แวร์ไว้ในซีดีรอม

เทคโนโลยีได้พัฒนาขึ้นจนทำให้มีระบบซีดีรอมที่เขียนได้ครั้งหนึ่ง ทำให้ผู้ใช้สามารถเก็บข้อมูลข่าวสารของตนเองไว้ในซีดีรอมได้ เครื่องเขียนอ่านซีดีรอมประเภทนี้มีราคาไม่แพงมากนัก สำหรับแผ่นซีดีรอมที่เขียนได้ครั้งเดียวก็สามารถหาซื้อได้ การใช้ซีดีรอมประเภทนี้จึงดูจะมีแนวโน้มที่ดีเพราะเป็นที่เก็บรักษาข้อมูลของตนเองไว้ได้บางระยะเวลา

อย่างไรก็ดี เทคโนโลยีได้ก้าวหน้าขึ้น จนในปัจจุบันเริ่มมีออปติคัลดิสก์ที่สามารถเขียนและอ่านได้แล้ว แต่ยังไม่แพร่หลายมากนัก

ความหวังทดแทนฮาร์ดดิสก์ด้วย RAM

เทคโนโลยีสารกึ่งตัวนำได้ก้าวหน้าขึ้น ความหนาแน่นของข้อมูลต่อชิพสูงมากขึ้น จนในปัจจุบันสามารถสร้างหน่วยความจำได้ถึง 64 เมกะบิตต่อชิพ และใช้เทคโนโลยีซีมอสทำให้ใช้พลังงานไฟฟ้าได้น้อย บริษัทผู้ผลิตหน่วยความจำชั้นนำนี้หลายบริษัทมีแนวความคิดที่จะฝังแบตเตอรีประเภทลิเธียมขนาดเล็กลงไปในชิพด้วย ทำให้หน่วยความจำนั้นจำข้อมูลได้ถาวรเหมือนฮาร์ดดิสก์ โดยมีระยะเวลายาวนานถึงกว่าห้าปีโดยไม่ต้องเปลี่ยนแบตเตอรี หน่วยความจำแบบนี้จะมีบทบาทและความสำคัญได้ในฐานะที่เป็นการ์ดหน่วยความจำ และถ้าสามารถทำให้มีความจุได้สูงขึ้นก็จะยิ่งทำให้หน่วยความจำมีโอกาสมาใช้แทนฮาร์ดดิสก์ได้ เพราะให้ข้อดีในเรื่องการเรียกค้นข้อมูลทำได้เร็ว และจะเร็วกว่าฮาร์ดดิสก์ได้มาก การใช้งานในเรื่องต่าง ๆ จะทำได้กว้างขวางยิ่งขึ้น

ความคาดหวังของพีซีในอนาคต

พีซีในวันนี้ใช้ฮาร์ดดิสก์พื้นฐานที่ 40 เมกะไบต์ ใช้ซีพียู 80386 มีหน่วยความจำหลักประมาณ 2 เมกะไบต์ สิ่งที่น่าสังเกตคือ ซอฟต์แวร์ยุคใหม่ในปัจจุบันมีขนาดโตมากขึ้น หากไม่มีฮาร์ดดิสก์แล้วซอฟต์แวร์เหล่านี้จะใช้ไม่ได้เลย ฮาร์ดดิสก์จึงเป็นเรื่องที่จำเป็น เช่น หากจะใช้วินโดว์หรือซอฟต์แวร์บนวินโดว์ ฮาร์ดดิสก์เป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ เมื่อฮาร์ดดิสก์มีความจำเป็นเช่นนี้ ซอฟต์แวร์โอเอส เช่น DR DOS เวอร์ชัน 6.0 จึงให้ความสำคัญต่อฮาร์ดดิสก์หลายประการ เช่น สร้างฮาร์ดดิสก์บัฟเฟอร์เพื่อให้ทำงานได้เร็วยิ่งขึ้น โดยใช้หน่วยความจำทำงานเสมือนหน่วยความจำแคช และยังทำให้ฮาร์ดดิสก์มีความจุเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าโดยใช้หลักการลดขนาดข้อมูลลง

ผู้เชี่ยวชาญทางคอมพิวเตอร์หลายคนคาดการณ์ว่าในปี ค.ศ. 1995 การใช้พีซีจำเป็นต้องมีฮาร์ดดิสก์ที่มีความจุประมาณ 480 เมกะไบต์ ฮาร์ดดิสก์ 480 เมกะไบต์ นี้จะมีราคาลดลง การใช้ซอฟต์แวร์จะมีขนาดใหญ่ขึ้น ซอฟต์แวร์บางตัวอาจต้องใช้ฮาร์ดดิสก์ 20-30 เมกะไบต์

ฮาร์ดดิสก์จึงเป็นแหล่งเก็บข้อมูลที่มีราคาต่อบิต โดยคิดต่อประสิทธิภาพในเรื่องการเข้าถึงข้อมูลแล้วยังเป็นอุปกรณ์ที่จำเป็นต่อไป

หนังสือดี ซีเอ็ด

การพัฒนาระบบฐานข้อมูลด้วยภาษาซี

■ โดย ออล สตีเวนส์
เรียบเรียงโดย อนุชิต สุเมธิวิทย์/วีร์ ตั้งมั่นภักดีพงษ์
ราคาเล่มละ 150 บาท

หนังสือเล่มนี้ประกอบด้วยพื้นฐานและการออกแบบข้อมูลเบื้องต้น วิธีการสร้างระบบจัดการฐานข้อมูลอย่างง่ายด้วยภาษาซี พร้อมโปรแกรมที่สามารถนำไปใช้งานได้จริง ผู้อ่านจึงควรมีความสามารถในการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาซีอยู่บ้างแล้ว นอกจากนี้จุดประสงค์ของหนังสือต้องการให้ผู้อ่านสามารถสร้าง tool เพื่อลดเวลาในการโปรแกรมลงได้อีกด้วย หนังสือเล่มนี้จึงเหมาะสำหรับผู้ที่สนใจเรื่องฐานข้อมูล และผู้ที่รักการเขียนโปรแกรมทั่วไป

หาซื้อได้ตามร้านหนังสือทั่วไป
หรือสั่งซื้อโดยตรงได้ที่

บริษัท ซีเอ็ดยูเคชัน จำกัด
800/43-45 ซอยตระกูลสุข ถนนอโศก-ดินแดง ห้วยขวาง กรุงเทพฯ 10400 โทร. 248-6280-9 (เวลาทำการ จันทร์-ศุกร์ 8.10-17.30 น.) โดยส่งธนาณัติสั่งจ่าย ปท.ดินแดง ในนามบริษัทฯ หรือเช็คส่วนตัวของธนาคารในเขตกรุงเทพฯ พร้อมค่าจัดส่ง

ค่าจัดส่ง สั่งซื้อไม่เกิน 100 บาท ค่าจัดส่ง 8 บาท สั่งซื้อเกิน 100 บาท ค่าจัดส่ง 8%

พิเศษ สำหรับสมาชิกวารสารของซีเอ็ด สั่งซื้อโดยตรงที่บริษัทฯ ได้ในราคาลด 15% เพิ่มค่าลงทะเบียน 4 บาท ค่าจัดส่งฟรี โดยระบุหมายเลขสมาชิกด้วย